

Костик К. О.

ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Запропонована нова, проста для використання та енергетично доцільна технологія борування виробів зі сталей різних класів, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, що забезпечує необхідні експлуатаційні властивості деталей машин. Визначено оптимальні параметри обробки.

Ключові слова: борування, сталь, дифузійні шари, мікротвердість, глибина шару.

1. Вступ

Підвищення надійності і довговічності різних машин і їх деталей є однією з найважливіших задач сучасного машинобудування. Актуальність її зростає з кожним роком у зв'язку з безперервним підвищенням силових і швидкісних параметрів роботи різних машин і механізмів.

Ефективним методом зміцнення різних виробів є борування — процес насичення поверхні деталей бором, внаслідок чого змінюються їх фізико-механічні властивості: твердість, втомна міцність, жаростійкість та ін. Борування сталей різних класів та призначення [1].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Останнім часом все більше уваги надається тому, як саме параметри хіміко-термічної обробки та склад насичувального середовища впливають на формування і властивості дифузійного шару сплавів. Це пов'язано з необхідністю розробки нових, більш вигідних з економічної точки зору способів зміни властивостей поверхневих шарів деталей. Серед нових процесів дифузійного насичування все більше значення має борування [2–5].

Процес борування здійснюється з порошків, розплавів солей і газового середовища залежно від форми, розмірів і кількості деталей, що піддаються боруванню, а також від наявності необхідного устаткування. Кожен з названих технологічних процесів борування має свої переваги в тих або інших умовах застосування, а тому не можна віддати перевагу якому-небудь одному способу насичення [6–8].

3. Мета дослідження

Метою роботи є розробка простої для використання та енергетично доцільної нанотехнології борування деталей зі сталей та вибір оптимальних параметрів обробки, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості деталей машин.

4. Експериментальні дані та їх обробка

Матеріалами дослідження є сталі різних класів. Для борування в пастах застосовувалася суміш на основі нано-

дисперсних боровмісних речовин [9]. Нагрівання здійснювали в камерній печі тривалістю від 15 до 120 хвилин.

З літературних даних відомо, що температура борування може бути 800–1200 °С, залежно від марки сталі та властивостей, які потрібно отримати від боридних шарів. До 1100 °С утворюються голкоподібні бориди з твердістю 20–23 ГПа з перехідною зоною від них до серцевини металу, а при температурах 1100–1200 °С на поверхні сталі утворюються евтектичні структури з меншою твердістю 13–16 ГПа. Частіше за все температура борування для конструкційних сталей обирається близькою до температури гартування, щоб можна було поєднати ці дві обробки [10].

В наших експериментах температура нагрівання варіювалася від 800 до 1100 °С з інтервалом 50 °С. Як і слід було очікувати, з підвищенням температури товщина борованого шару збільшується. Але при цьому росте зерно, що визиває крихкість сталі. Нижче 800 °С борування проводити нерационально через дуже повільну дифузію.

Формування борованих шарів в розробленій пасті відбувається аналогічно дифузійним шарам, отриманим при традиційному боруванні. При утворенні борованого шару на сталях спочатку від поверхні углиб металу проростають окремі голкоподібні кристали бориду Fe_2B . Поступово ці кристали зливаються в суцільний шар. При подальшому насиченні бором на поверхні утворюється ще один шар з бориду FeB . Нижче борованого шару розміщуються виділення «борногоцементиту», тобто фази складу $\text{Fe}_3(\text{B}, \text{C})$, які утворилися внаслідок витіснення вуглецю з поверхневого борованого шару. Металографічні дослідження показали, що при температурі вище 900 °С для вуглецевих сталей та вище 1000 °С для легированих сталей, голки боридів укрупнюються, що може окрихчити борований шар. Тому, з цієї точки зору для вуглецевих сталей раціонально проводити борування при температурі не вище 900 °С, а для високолегированих сталей слід обирати температуру 900–1000 °С.

За експериментальними даними отримано залежність товщини боридів від тривалості борування для різних сталей (рис. 1). З рис. 1 видно, що товщина боридного шару для всіх сталей збільшується з тривалістю процесу, однак швидкість його росту дуже сильно залежить від складу сталі. Перш за все порівнюємо між собою сталі 45, У8 та У12. Всі вони не містять легувальних елементів, а температура процесу була близькою (850–800 °С). Співставлення кривих 1, 4 і 6 свідчить, що в перше чергу на швидкість зростання борованого шару впливає

вуглець. Так, за 1,5 год його товщина для сталі 45 досягає 130 мкм, сталі У8 — 77 мкм, У12 — 59 мкм. Правда, сталь 45 борувалася при температурі 850 °С, а У8 і У12 — при 800 °С. Але порівняння кривих 4 і 6, температура борування яких була однаковою, без сумніву свідчить про справедливості зробленого твердження: збільшення вуглецю з 0,8 до 1,2 % зменшило товщину шару на 23 % (1,5 год). Можна порівняти сталі 45 та 40Х (криві 1 та 2), з чого випливає, що легування (при однаковій температурі 850 °С), також гальмує процес борування.

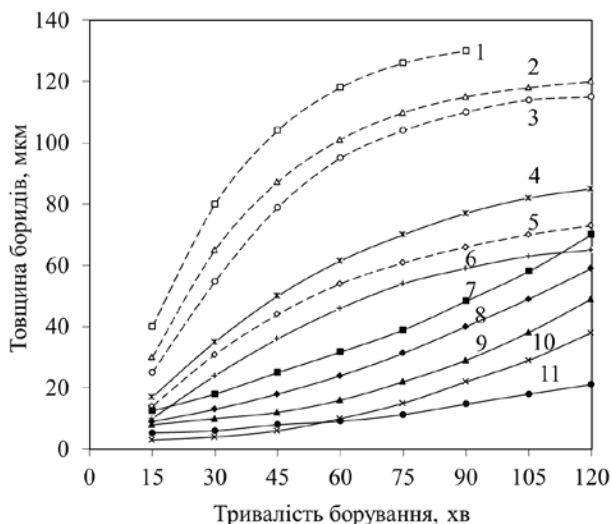


Рис. 1. Залежність товщини боридів від тривалості борування конструкційних (---) та інструментальних (—) сталей: 1 — сталь 45; 2 — сталь 40Х; 3 — сталь 30ХГСА; 4 — сталь У8; 5 — сталь ШХ15; 6 — сталь У12; 7 — сталь 18Х2Н4МА; 8 — сталь 4Х5МФС; 9 — сталь Р18; 10 — сталь Р6М5; 11 — сталь 30Х13

З наведених кривих можна припустити, що найсильніше гальмує ріст боридних шарів хром — для сталі 30Х13, незважаючи на низький вміст вуглецю і високу температуру процесу (1000 °С) товщина шару найменша (рис. 1, крива 11). Для вуглецевих та низьколегованих сталей спостерігається активний ріст боридів при зміні тривалості борування до 60 хвилин. При подальшому збільшенні часу ХТО швидкість зростання боридів зменшується. Це відбувається за рахунок наявності карбідів у перехідній зоні, які гальмують ріст боридного шару. Залежно від умов експлуатації деталей для конструкційних сталей при боруванні за розробленою технологією достатньо від 30 до 120 хвилин, для вуглецевих інструментальних сталей — від 45 до 120 хвилин, для всіх інших — до 120 хвилин.

Твердість поверхневого шару також залежить від складу сталі, але в значно меншому ступені. Це і зрозуміло, оскільки твердість самих боридів (FeB, Fe₂B), які є основними фазами боридних шарів від вмісту вуглецю і легувальних елементів майже не залежить. Характер кривих для всіх сталей однаковий. Мікротвердість підтверджує наявність двох боридів, а саме FeB з твердістю 20–23 ГПа і Fe₂B — 15–18 ГПа. Для конструкційних вуглецевих сталей характерний більш плавний розподіл мікротвердості в перехідній зоні ніж в інструментальних. Для конструкційних вуглецевих сталей твердість поверхні становить 20–22 ГПа, а для інструментальних легуваних сталей до 21–23 ГПа.

5. Висновки

Розроблена проста для використання та ефективна нанотехнологія борування деталей зі сталей, яка скорочує тривалість хіміко-термічної обробки у 2–3 рази при одержанні високоякісних боридних шарів.

Для спрощення технологічного процесу пропонується поєднати борування з гартуванням для всіх сталей, крім швидкорізальних. Для них доцільно проводити борування при температурі 1000 °С після гартування. Тривалість борування обирається відповідно з вимогами до деталей, але не менше 30 хв для конструкційних сталей, 45 хв — вуглецевих інструментальних сталей і 120 хв — для високолегованих сталей.

Література

1. Дяченко, С. С. Матеріалознавство [Текст] : підручник / С. С. Дяченко, І. В. Дошечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков. — Харків : ХНАДУ, 2007. — 440 с.
2. Костик, В. О. Формирование микроструктуры борированного слоя на поверхности углеродистой конструкционной и инструментальной сталей из обзамок при печном нагреве [Текст] / В. О. Костик, О. В. Сапуцкая, Е. А. Костик // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 5/1(17). — С. 63–68.
3. Райцес, В. Б. Химико-термическая обработка деталей [Текст] / В. Б. Райцес, В. М. Литвин. — К. : Техніка, 1980. — 152 с.
4. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов [Текст] : учеб. пособ. для вузов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. — М. : Металлургия, 1985. — 256 с.
5. Kulka, M. The influence of carbon content in the borided Fe-alloys on the microstructure of iron borides [Text] / M. Kulka, A. Pertek, L. Klimek // Mater. Charact. — 2006. — Т. 56(3). — Р. 232–240.
6. Genel, K. Kinetics of boriding of AISI W1 steel [Text] // K. Genel, I. Ozbek, C. Bindal // Material Science and Engineering A. — 2003. — Т. 347(1–2). — Р. 311–314.
7. Stergioudis, G. Formation of boride layers on steel substrates [Text] / G. Stergioudis // Cryst. Res. And Technol. — 2006. — Т. 41(10). — Р. 1002–1004.
8. Sen Saduman. An approach to kinetic study of borided steels / Sen Saduman, Sen Ugur, Bindal Cuma // Surface and Coating Technologies. — 2005. — Т. 191(2–3). — Р. 274–285.
9. Патент України № 33654, МПК8 с 23 с 8/00. Склад для борування сталевих виробів [Текст] / Павлюченко, О. О., Костик, В. О., Костик, К. О. — Заявка № u200800226. Заявл. 04.01.08, надрук. 10.07.08, Бюл. № 13.
10. Костик, К. О. Зміцнення прес-форм лиття під тиском по нанотехнології [Текст] / К. О. Костик // Машинобудування. — 2013. — № 12. — С. 113–118.

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Предложена новая, простая в использовании и энергетически целесообразная технология борирования изделий из сталей разных классов, направленная на сокращение длительности химико-термической обработки при получении высококачественных борированных слоев, которые обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства деталей машин. Определены оптимальные параметры обработки.

Ключевые слова: борирование, сталь, диффузионные слои, микротвердость, глубина слоя.

Костик Катерина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: eklitus@yandex.ru.

Костик Катерина Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Kostyk Kateryna, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: eklitus@yandex.ru